

ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА КРИТЕРІЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ВОДОПІДГОТОВКИ

В.М. ШТЕПА, Ф.І. ГОНЧАРОВ, кандидати технічних наук
СИРОВАТКА М.А., інженер

Розглянуто передумови розробки критерію енергоефективності електротехнологічних систем водоочистки, запропоновано відповідний аналітичний вираз, розраховано його значення на реальному об'єкті.

Енергоефективність, безпека, електрокоагулятор.

Класична екологія при розрахунках екологічної безпеки відштовхується перш за все від максимальної мінімізації викидів [1–3]. Наприклад, безрозмірний інтегральний показник екологічної небезпеки, який відображає комплексну порівняльну оцінку її рівня з врахуванням зовнішніх та внутрішніх факторів:

$$R_{\text{int}} = K_{\text{оз}} K_{\text{люд}} K_{\text{тер}} S V_a V_v V_{\text{від}} V_{\text{фв}} K_n. \quad (1)$$

де: $K_{\text{оз}}$ – коефіцієнт озеленення зони дії; $K_{\text{люд}}$ – коефіцієнт людності ареалу; $K_{\text{тер}}$ – коефіцієнт цінності території; S – площа дії небезпек; V_a – показник перевищення нормативного об'єму викидів шкідливих речовин у повітря; K_n – коефіцієнт нормальної екологічної безпеки; V_v – показник перевищення нормативного об'єму викидів шкідливих речовин у воду; $V_{\text{від}}$ – показник перевищення нормативного об'єму відходів; $V_{\text{фв}}$ – показник перевищення нормативних рівнів фізичних впливів.

Очевидно, що такий критерій неможливо використовувати для динамічного налагодження у режимі реального часу параметрів устаткування, таким чином, щоб не вийти за межі екологічної безпеки у кінці звітної періоду.

Беззаперечно, що екологічна безпека навколишнього природного середовища є головним критеріальним обмеженням функціонування виробництва, однак при цьому доцільно враховувати й якість роботи обладнання, ефективність використання енергетичних ресурсів. При цьому видобуток самих енергетичних ресурсів завдає непоправної шкоди довкіллю, що не відображається у формулі (1).

Такі твердження також стосуються інших типових виразів розрахунку екологічного впливу виробництва на навколишнє природне середовище [1–3].

Тому доцільно розробити алгоритм синтезу критеріїв енергоефективності функціонування технологічного обладнання, наприклад, систем водопідготовки, як таких, що безпосередньо впливають на довкілля.

Метою досліджень було обґрунтування та розробка комплексного критерію енергоефективності функціонування електротехнологічних систем водопідготовки.

Матеріали і методика досліджень. Серед електротехнологічних методів водопідготовки досліджуватиметься електрокоагуляційний. Оскільки він багатопараметрично інтенсивно впливає на показники якості води; відносно легко піддається автоматизації.

Показник, за яким визначатиметься якість функціонування – завислі у воді частинки.

Виходячи із емпіричних експертних даних [4-5], за критерій енергоефективності роботи електрокоагулятора початково приймемо:

$$EF = \frac{(C_{вих} - C_{зад})Q}{W} = \frac{\Delta C Q}{W}, \text{ г/кВт} \quad , \quad (2)$$

де: $C_{вих}$ – фактична вихідна концентрація завислих частинок, г/м^3 ; $C_{зад}$ – задана (нормативна) концентрація завислих частинок, г/м^3 ; ΔC – відхилення фактичного значення вихідної концентрації завислих частинок від встановленого (нормативного) значення, г/м^3 ; Q – час роботи обладнання, год; W – затрачена на електрокоагуляцію електроенергія, кВт·год.

Завдання оператора або автоматичної системи керування (АСК) максимально наблизити значення EF до нуля. Технологічний сенс такого критерію полягає у такому:

якщо $EF > 0$, то не досягається якісна (нормативна) очистка;

якщо $EF < 0$, то виникають перевитрати електроенергії та ресурсів (матеріалу електродів).

Виробниче випробування електрокоагулятора із нейроінформаційною АСК відбувалося на виробництві компанії “Київ Промінвест Груп” у лютому 2007 року [5]. Локальна схема очистки води після забійного цеху підприємства була традиційною: жироловка з автоматичним збиранням та видаленням жиру; пероуловлювач із механічною системою видалення затриманого пера птиці.

Функціональні показники такого технологічного обладнання відповідали нормативним вимогам (пера у потоці стічних вод фактично не було; вміст жиру – 10 – 15 мг/л, при вхідній концентрації завислих частинок – 330 – 360 мг/л).

Стічні води після локальної очистки стікали самотпливом в основні очисні споруди.

Підприємство щоденно за 1 зміну (8 год) витрачає 15 – 20 м³ холодної води на миття технологічного обладнання (у тому числі автомобільного транспорту). Вода забиралась із артезіанської свердловини (якість відповідає ГОСТ 2874-82 “Вода питна”), хоча спеціальних вимог до її якості не висувалось.

Нами було запропоновано застосувати доочистку стічних вод з подальшим їх використанням у технологічному циклі, тобто створення часткового замкнутого циклу водопостачання.

Для досягнення відповідного ресурсозберігаючого ефекту локальну схему очистки, враховуючи ефективність функціонування жирословка та пероуловлювача, було доповнено електрокоагуляційною системою із розчинними сталевими електродами (Ст. 3).

Нейроінформаційна АСК стала вузлом системи водоочистки стічних вод переробного цеху – здійснювала керування електрокоагуляцією.

Перші два тижні (рис. 1, 2) електрокоагулятор працював у стаціонарному режимі (густина струму була незмінною – $100 \pm 0,1$ А/м²).

Наступні два тижні (див рис. 1, 2) номенклатуру електрокоагуляційної системи було доповнено обладнанням нейроінформаційної АСК.

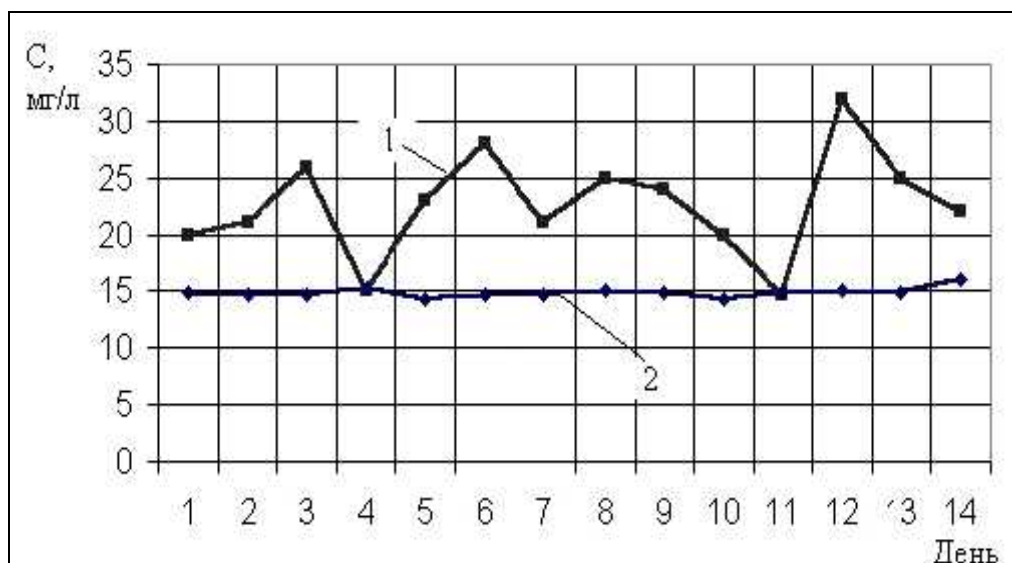


Рис. 1. Криві електрокоагуляційної очистки стічних вод переробного цеху:

1 – без використання АСК, 2 – з використанням АСК

Розрахувавши за формулою (2) критерій енергоефективності (рис. 3), прийшли до висновку, що запропонований аналітичний вираз технологічно вірно характеризує якість використання електроенергії та підтримання екологічної безпеки процесу.

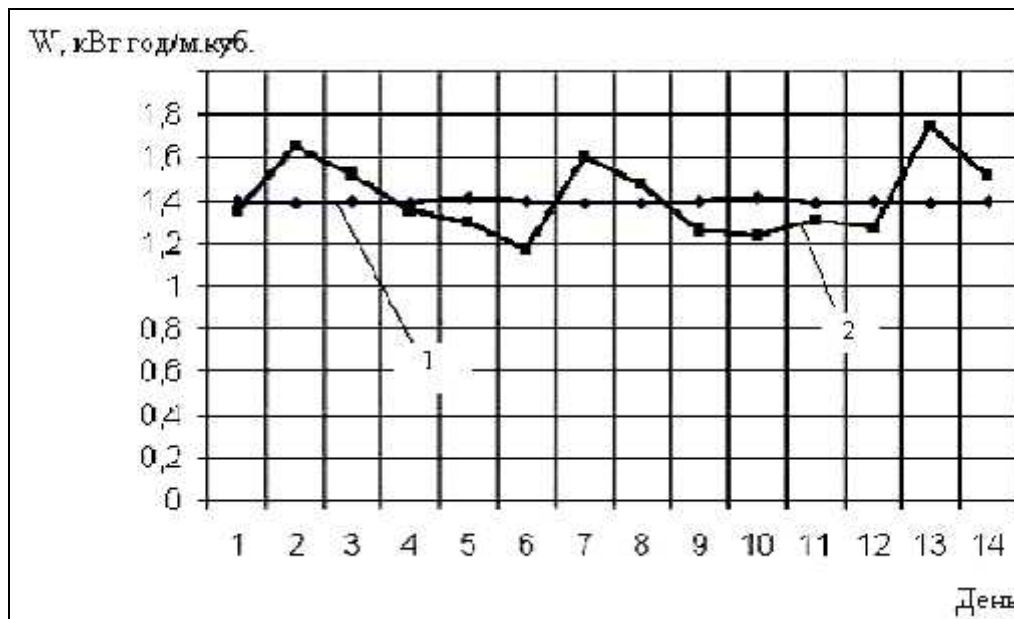


Рис. 2. Криві енергозатратності електрокоагуляційної очистки стічних вод переробного цеху:
1 – без використання АСК, 2 – з використанням АСК

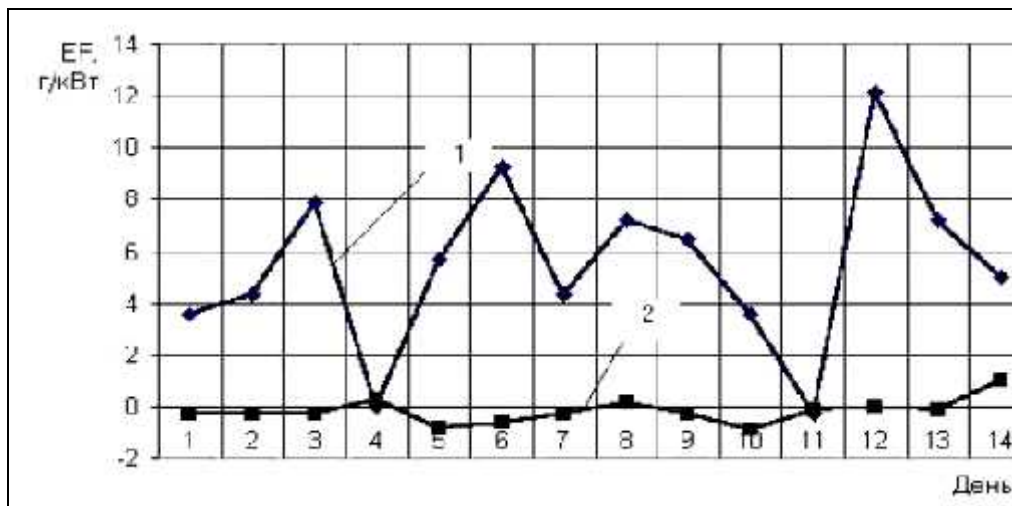


Рис. 3. Криві енергоефективності електрокоагуляційної очистки:
1 – без АСК, 2 – з АСК

Результати досліджень. Однак критерій енергоефективності (формула (2) придатний лише для оцінки роботи електрокоагулятора за параметром “завислі частинки”. Оскільки інші оцінки якості водопідготовки мають кожен власну розмірність. Тому, з врахуванням виробничих випробувань та теоретичних напрацювань, пропонується універсальний критерій оцінки енергоефективності роботи електротехнологічного обладнання водопідготовки:

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - L1_{зад}}{L1_{зад}} \cdot 100\% \right) + \dots + \left(\frac{LN_{вих} - LN_{зад}}{LN_{зад}} \cdot 100\% \right) \right] \cdot \sum_{i=1}^N Q_i}{\sum_{i=1}^N W_i}, \% / \text{кВт}. \quad (3)$$

де: $L_{вих}$ – фактичне значення відповідного параметра оцінки якості водопідготовки; $L_{зад}$ – задане (нормативне) значення відповідного параметра оцінки якості водопідготовки; Q – час роботи обладнання, год; W – електроенергія, що затрачена на водоочистку, кВт·год; N – кількість параметрів оцінки якості водопідготовки (як правило, відповідають кількості установок, які діють на воду).

Технологічне завдання – підтримувати значення критерію рівним (максимально близьким) нулю.

У випадку, якщо одна установка забезпечує нормування кількох параметрів:

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - L1_{зад}}{L1_{зад}} \cdot 100\% \right) + \dots + \left(\frac{LN_{вих} - LN_{зад}}{LN_{зад}} \cdot 100\% \right) \right] \cdot Q}{W}, \% / \text{кВт}. \quad (4)$$

Для порівняння розраховано критерій енергоефективності (формула (3) із попередніх виробничих випробувань (див. рис. 1, 2) вигляд графічних залежностей залишився незмінним (рис. 4).

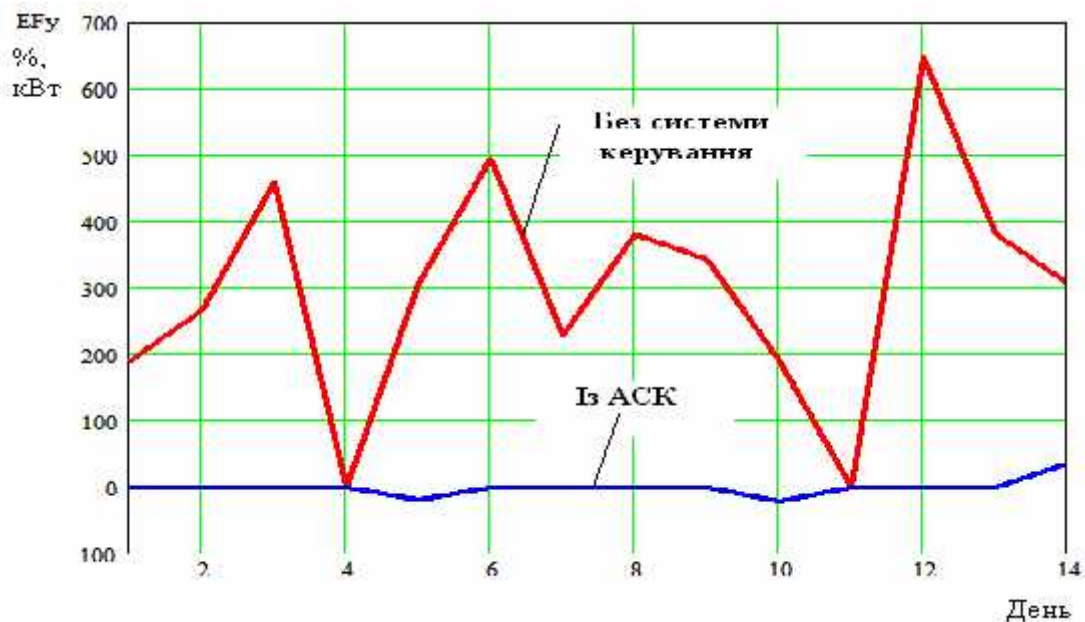


Рис. 4. Графік удосконаленого критерію енергоефективності

Під час двопараметричного аналізу використали формулу (3) та пакет прикладних математичних програм “MathCAD” (рис. 5). При цьому побудували залежність критерію EF_y від двох умовних показників якості очистки (L_1 , L_2).

Один нормовано зростає від -10 % до +10 % (крок – 1 %). Інший змінювався інверсійно з тим же кроком у тому ж діапазоні.

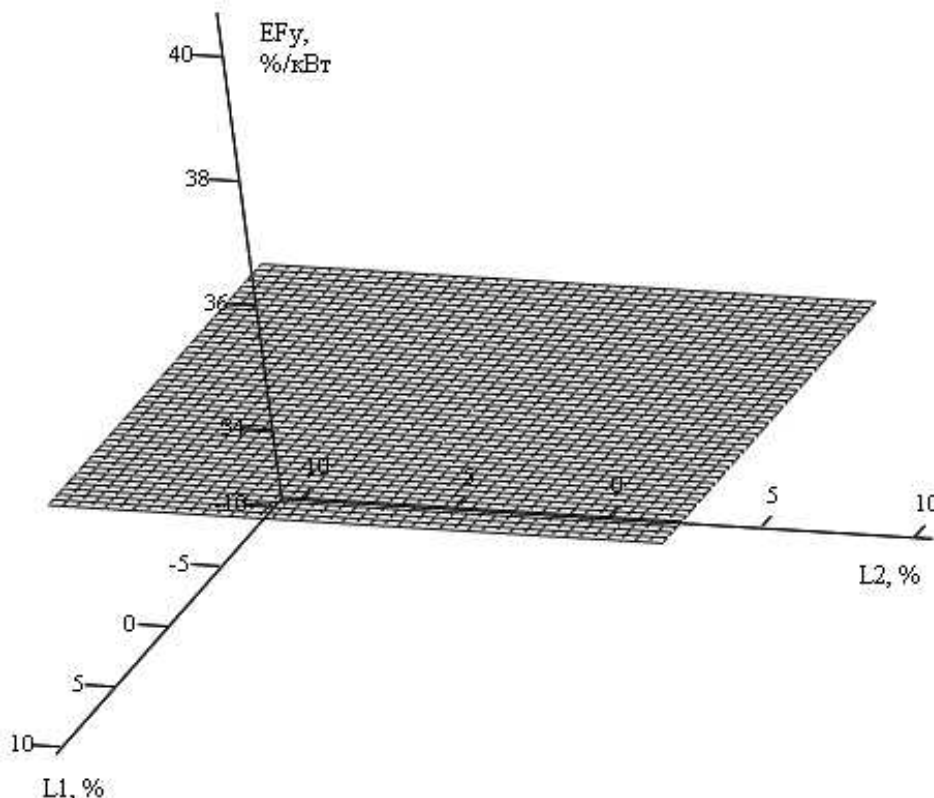


Рис.5. Графічна інтерпретація двопараметричного аналізу критерію енергоефективності

Затрачена на водопідготовку електроенергія (W) – константа (1000 кВт/год); сума часу роботи електротехнологічного обладнання (Q) теж незмінна – 480 год. У результаті отримали тримірну поверхню, вигляд якої (характер зміни EF_y) підтвердив технологічну адекватність розробленого критерію.

Висновок

Розроблений критерій енергоефективності можна використовувати для оцінки якості функціонування електротехнологічних систем водопідготовки, у тому числі при нормуванні води за кількома параметрами.

Список літератури

1. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А.Б. Качинський. – К.: НІС, 2001. – 312 с.

2. Кондратьев К.Я. Глобальная безопасность и ее экологический компонент / К.Я. Кондратьев // Язв. ВГО. – Т. 122. – Вып. 3. – 1990 – С. 212 – 220.
3. Лисенко В.П. Синтез энергоефективной адаптивной системы керування електрокоагуляційною очисткою стічних вод птахівничого комплексу на основі гібридних нейронних мереж / В.П. Лисенко, В.М. Штепа // Аграрна наука і освіта. – К.: НАУ, 2007. – Т.8 № 1 – 2. – С. 77 – 83.
4. Штепа В.Н. Очистка растворов от дисперсных примесей методом электрокоагуляции. 1. Электрохимическое получение коагулянта / В.Н. Штепа, М.И. Донченко, О.Г. Срибная // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2007. – № 9. – С. 86 – 95.
5. Штепа В.М. Еколого-економічні аспекти виробничого впровадження нейроінформаційної системи керування електрокоагуляційною очисткою стічних вод / В.М. Штепа // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції “Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва”. – К.: Інститут агроєкології УААН, 2007. – С.88 – 89.

Рассмотрены предпосылки разработки критерия энергоэффективности электротехнологических систем водоочистки, предложено соответствующее аналитическое выражение, выполнен расчёт его значений на реальном объекте.

Енергоєфективності, безпека, електрокоагулятор.

Pre-conditions of development of criterion energy efficiency of the electro-technological systems of waste water treatment are considered, corresponding analytical expression is offered, his value is expected on the real object.

Energy efficiency, safety, electrocoagulator.